

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotanto

Matias Vihavainen

HALLIMAISTEN RAKENNUSTEN RUNKORAT- KAISUIDEN RESURSSIEN JA AIKATAULUN VER- TAILU

Opinnäytetyö 2011

Tiivistelmä

Matias Vihavainen

Hallimaisten rakennusten runkoratkaisuiden resurssien ja aikataulun vertailu, 38 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikka Lappeenranta

Rakennustuotanto

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: Tuntiopettaja Vesa Inkilä, Saimaan ammattikorkeakoulu, Työpäällikkö

Pekka Leiniäinen, Lemminkäinen Talo Oy Kaakkois-Suomi

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla hallimaisten rakennuksien eri runkoratkaisujen vaikutusta työmaatekniikkaan, aikatauluun ja kustannuksiin. Opinnäytetyö on tehty Lemminkäinen Talo Oy Kaakkois-Suomelle. Työ on jaettu neljään osuuteen: työmaatekniikka, aikataulu, materiaalikustannukset ja työkustannukset.

Työmaatekniikkaosuudessa käydään läpi rakennustyön kulkua ja sitä, miten eri runkoratkaisuissa työvaiheet eroavat toisistaan. Työmaatekniikkaosuudessa käsitellään myös, mitä erityistä on huomioitava runkoratkaisujen nostotöissä ja asennustöissä. Aikatauluosuudessa keskitytään siihen, miten runkoratkaisujen eroavaisuudet ja erilaiset työvaiheet näkyvät aikataulussa ja mitä kannattaa ottaa huomioon aikataulua laatiessa. Materiaalikustannuksien osuudessa tarkastellaan materiaalien kustannuseroja ja niihin vaikuttavia asioita. Työkustannukset osuudessa tarkastellaan työn hintaa eri runkoratkaisuissa ja sitä, miten työkustannuksiin voitaisiin vaikuttaa. Lopussa tarkastellaan eri vaihtoehtoja yleisesti ja työn tarpeellisuutta tilaajalle ja tekijälle.

Opinnäytetyö tehtiin ratu-kortteja ja työmaa-asiakirjoja käyttäen. Tarkoituksena ei ole tarjota oikeaa tai väärää vaihtoehtoa hallimaisiin rakennuksiin, vaan tuoda esiin eri ratkaisujen hyviä ja huonoja puolia. Kaikki rakennevaihtoehdot ovat yleisesti käytettyjä eri tilanteissa ja rakennuksissa.

Avainsanat: Hallimaiset rakennukset, runkovertailu

Abstract

Matias Vihavainen

Comparison of resources and schedules for framework solutions in hall-like structures, 38 pages

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Civil and Construction Engineering

Construction Management

Bachelor's Thesis 2011

Instructors: Lecturer Vesa Inkilä, Saimaa University of Applied Sciences, Manager of the Supervisors Pekka Leiniäinen, Lemminkäinen Talo Oy Kaakkois-Suomi

The purpose of the thesis was to compare the effects of different framework solutions to construction technology, schedule and costs. The subscriber of this thesis is a Finnish construction company called Lemminkäinen Talo Oy. There are four sections in the thesis; construction technology, schedule, material cost and employment cost.

The part of construction technology covers the course of the construction work and how the different framework solutions vary from each other. The same part also discussed what especially ought to be taken into consideration in lifting elements and installation work. The schedule part focuses on how different frame materials affect the schedule and what should be noted when drawing up the schedules. The part of the material costs takes a look at how different materials affect the costs and what exactly influences the cost differences. The employment cost part opens up the employment costs when using the different frame materials and what could be done differently in order to affect the employment costs. To finish, there are the concluding remarks, key findings and the usefulness of the thesis.

The thesis was done by using the "Ratu-card index" and worksite documents. The intention was not to provide the right or wrong material option for the hall-like structures but to bring forth the pros and cons of the different alternatives. All different construction options are widely used in different situations and structures.

Keywords: Hall-like structures, framework comparison

SISÄLTÖ

| | | |
|------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 5 |
| 2 | TYÖMAATEKNIikka | 7 |
| 2.1 | Työntekijöiden perehdyttäminen | 7 |
| 2.2 | Aloittavat työt | 7 |
| 2.3 | Työkohteen vastaanotto | 8 |
| 2.4 | Elementtien vastaanotto | 8 |
| 2.5 | Olosuhteet | 9 |
| 2.6 | Nostot | 10 |
| 2.7 | Teräsbetonielementtien nosto- ja asennustyö | 13 |
| 2.8 | Teräselementtien nosto- ja asennustyö | 15 |
| 2.9 | Liimapuuelementtien nosto- ja asennustyö | 17 |
| 2.10 | Suojaus | 18 |
| 2.11 | Pilarien ja palkkien paikalleen mittaus | 19 |
| 2.12 | Hitsaukset ja hitsausluokat | 19 |
| 2.13 | Työtasot ja henkilönostimet | 22 |
| 2.14 | Juotosbetonointi | 23 |
| 2.15 | Lopettavat työt | 24 |
| 3 | AIKATAULU | 25 |
| 3.1 | Aikataulutuskohde | 25 |
| 3.2 | Aikatauluun vaikuttavat tekijät | 26 |
| 3.3 | Teräselementtirakenteisen hallirakennuksen aikataululaskelma | 28 |
| 3.4 | Teräsbetonielementtirakenteisen hallirakennuksen aikataululaskelma | 30 |
| 3.5 | Liimapuuelementtirakenteisen hallirakennuksen aikataululaskelma | 31 |
| 4 | MATERIAALIKUSTANNUKSET | 32 |
| 4.1 | Kustannuksien laskenta ja arviointi | 32 |
| 4.2 | Teräsrakenteisen hallirakennuksen materiaalikustannukset | 32 |
| 4.3 | Teräsbetonielementtirakenteisen hallirakennuksen materiaalikustannukset | 32 |
| 4.4 | Liimapuuelementtirakenteisen hallirakennuksen materiaalikustannukset | 33 |
| 4.5 | Materiaalikustannusten vertailua | 34 |
| 5 | TYÖKUSTANNUKSET | 34 |
| 6 | PÄÄTELMÄT | 35 |
| | KUVAT | 37 |
| | TAULUKOT | 37 |
| | LÄHTEET | 38 |

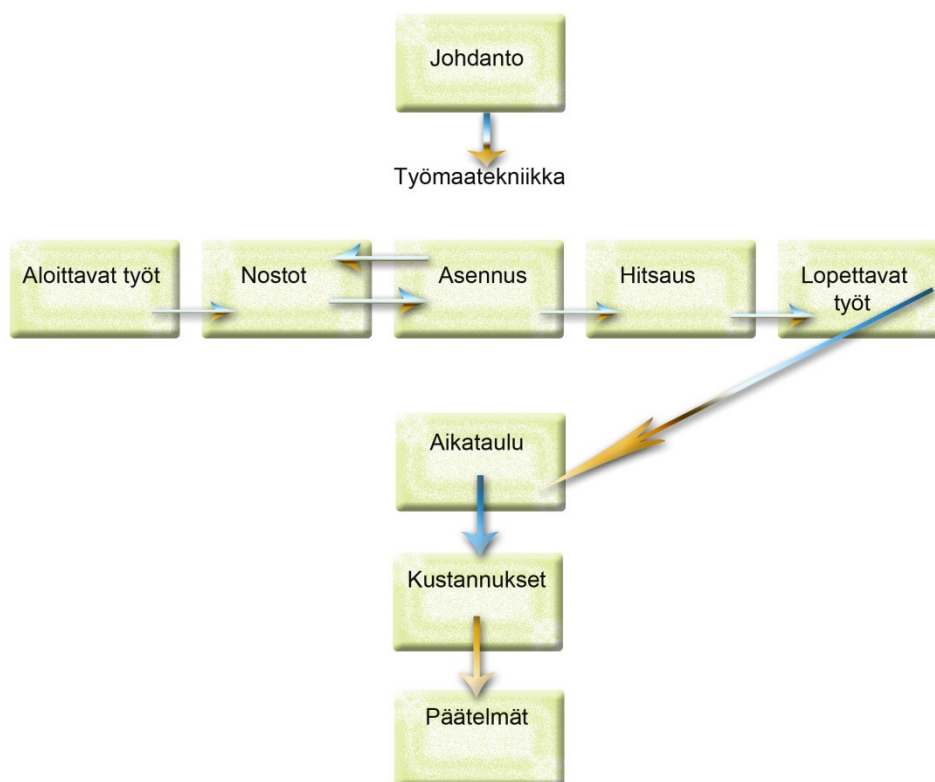
1 JOHDANTO

Työn tilaaja on Lemminkäinen Talo Oy Kaakkois-Suomi. Työn tavoitteena on vertailla hallimaisten rakennuksien runkoratkaisujen (teräselementtien, liima-puuelementtien ja teräsbetonielementtien) vaikutusta työmaatekniikkaan, aikatauluun ja kustannuksiin. Työ on toteutettu ratu-kortistoa ja työmaa-asiakirjoja käyttäen.

Työssä on käyty läpi työn eteneminen runkoratkaisusta riippuen ja työmaatekniikan eroavaisuudet. Työssä on lisäksi käyty läpi aikataulu eri runkoratkaisuilla ja aikataulun eroavaisuudet. Työssä on myös käsitelty materiaali- ja työökustannuksia.

Opinnäytetyö alkaa työmaatekniikkaosuudella. Osuudessa käsitellään ensin aloittavia töitä, jotka tulee tehdä ennen varsinaista elementtirungon asennuksen aloittamista. Tämän jälkeen työmaatekniikkaosuudessa käsitellään, mitä elementtien saapuessa työmaalle tulee ottaa huomioon ja miten olosuhteet vaikuttavat asennustyöhön. Olosuhteiden jälkeen selvitetään nostotöiden turvallisuutta ja nosto- ja asennustyötä riippuen runkoratkaisusta. Seuraavaksi työmaatekniikka osuudessa käydään läpi suojausta ja elementtien paikalleen mittausta. Työmaatekniikkaosuuden lopussa käydään läpi hitsaustöitä ja hitsausluokkia sekä juotosbetonointia ja muita lopettavia töitä. Työmaatekniikkaosuuden jälkeen siirrytään aikatauluosuuteen, jossa käsitellään aikatauluja eri runkoratkaisuilla ja mitä eroja eri runkoratkaisut aiheuttavat aikatauluihin. Aikataulujen jälkeen siirrytään kustannuksiin. Lopuksi käydään läpi työn tavoitteiden täyttymistä ja arvioidaan työn hyödyllisyyttä tilaajalle. Kuvassa 1 on nähtävillä opinnäytetyön rakenne.

Työn rakenne



Kuva 1 Opinnäytetyön rakenne ja asioiden käsittelyjärjestys

2 TYÖMAATEKNIikka

2.1 Työntekijöiden perehdyttäminen

Työntekijät on perehdytettävä työkohteeseen ja työmenetelmiin. Työntekijöille esitetään yrityksen ja työmaan työturvallisuusohjeet ja kerrotaan heidän tehtävänsä ja vastuunsa. Työntekijöille on pidettävä perehdyttämistyömaakierros ja heidän kanssaan on käytävä läpi perehdyttämislomakkeen asiat. Heille myös kerrotaan työalajikohtaiset ohjeet. (Ratu 5011 Työntekijän perehdytys.)

Perehdyttämisen jälkeen työntekijän kuuluu tuntee perehdyttämislomakkeessa läpi käytävät asiat. Perehdytettävälle on esiteltävä rakennettava kohde ja kohteen toteutusorganisaatio, aikataulu- ja aluesuunnitelma. Hänelle on näytettävä henkilöstötilat, varastot, jätehuoltoon ja siisteyteen liittyvät asiat. Hänen tulee tietää tulitöiden, käyttämiensä laitteiden ja koneiden, telineiden, nostolaitteiden ja henkilösuojaajien työturvallisuus ja turvallinen käyttötapa. (Ratu 5011 Työntekijän perehdytys.)

2.2 Aloittavat työt

Ennen työn aloittamista käydään läpi työmenetelmät, laadunvarmistus, aikataulu ja työturvallisuus. Elementtiasennuksen suoja-alue on aidattava ja ulkopuolisilta pääsy estettävä. Työmaalla on oltava tarvittavat asiakirjat kuten elementtiasennussuunnitelma ja putoamissuojaussuunnitelma. Nosturille ja nostolaitteille on tehtävä tarvittavat tarkastukset ja huollot. Nostokoneen kuljettajan pätevyys on tarkastettava. Hitsaustöitä suorittavan hitsausluokka on tarkistettava. Ennen asennuksen aloittamista on pidettävä aloituspalaveri, jossa käydään läpi kohteen valmius, työaikataulu ja välitavoitteet, tarvittavat materiaalit ja kalusto, laatuvaatimukset ja laadun varmistus ja olosuhteiden vaikutus asennustyöhön ja aikatauluun. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö.)

Työssä käytettävät koneet, laitteet ja materiaalit on siirrettävä työkohteeseen. Työkoneiden, laitteiden ja telineiden kunto ja soveltuvuus työhön on myös tarkastettava ennen niiden käyttöönottoa. Nostokalustolle on tehtävä käyttöönotto- ja toimintatarkastus, tehdyistä tarkastuksista on lisäksi toimitettava tieto tai pöytäkirja päätoteuttajalle. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö.)

2.3 Työkohteen vastaanotto

Vastaanotettaessa työkohdetta on tarkistettava, että edeltävät työvaiheet ovat saatu päätökseen ja täyttävät suunnitelmissa annetut vaatimukset. Tämän lisäksi peittyvät rakenteet tulee olla tarkastettuja ja hyväksyttyjä. Vastaanottotarkastuksessa laaditaan muistio, johon kirjataan ilmenneet virheet ja puutteet. Havaitut virheet ja puutteet on korjattava ennen työn aloittamista. Asennussuunnitelma on käytävä lävitse ja siitä on löydyttävä seuraavat seikat: kohdetiedot työmaasta, elementit ja nostoapuvälineet, elementin kuljetus ja nosto, nostot ja asennusjärjestys, toleranssit ja seurantamittaukset, asennuksen aikainen tuenta, hitsaus ja tulityöohjeet, elementin kiinnitykset ja asennuksessa tarvittavat työtasot ja putoamissuojaus. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö.)

Vastaanottotarkastuksen yhteydessä peruspultit on tarkastettava ja mittapisteidien paikat suunniteltava. Mikäli peruspulttien tarkemittauksessa ilmenee, että ne eivät sijaitse suunnitelmissa kerrotuilla paikoilla, on mittaustulokset ilmoitettava elementtitehtäälle, jossa mahdolliset muutokset ovat vielä mahdollisia tehdä. Mikäli elementteihin tulee muutoksia, on ne tehtävä suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Peruspultit suojataan rungon asennukseen asti, jotta pulttien kiristäminen elementtirunkoon on mahdollista. Peruspultit on puhdistettava välittömästi jos muiden töiden aikana niihin kertyy likaa tai muita epäpuhtauksia. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö.)

2.4 Elementtien vastaanotto

Teräsrunkotoimituksen saapuessa työmaalle, on tarkistettava toimituksen sisältö, tuotteiden kunto ja niiden oikeanmukaisuus. Teräsosien on oltava sopimusten ja suunnitelmien mukaisia, ehjiä ja puhtaita. Niiden merkinnöistä on selvittävä materiaalin tyyppi, mitat ja sijaintimerkinnot. Teräsosista on tarkistettava mitatarkkuus, suoruus, maalaukset, kalvopaksuudet ja oikea varustelu. Materiaalitoimitukset olisi suunniteltava niin, että erillistä varastointia ei tarvitse järjestää, vaan osat asennettaisiin suoraan toimituksen tullessa kuljetusvälineestä. Näin ollen vältetään elementtien turhia nostoja. Varastointi ja kuljetus on tapahduttava niin, että teräsosiin ei synny jännityksiä eivätkä ne pääse likaantumaan. Väli-varastointia on vältettävä. Mikäli näin joudutaan kuitenkin tekemään, teräsosat

on varastoitava aluspuitteiden päälle ja niiden varastoinnissa ja siirrossa käytävä säilytys- ja nostotukia. Välivarastoinnissa alustan on oltava kova, kantava ja suora. Teräsosat varastoidaan aluspuitteiden päälle. (Ratu 31-0241 Teräs-runkotyö.)

Betonielementtien saapuessa työmaalle on tarkastettava elementtien kunto ja toimitussisältö. Havaitut virheet toimitussisällössä ja rikkoutuneet betonielementit kirjataan ja valokuvataan. Tiedot virheistä ja rikkoutumisista lähetetään elementtitehtaalte. Pilari- ja palkkielementit varastoidaan soirojen päälle ja pyöreät pilarit niille tarkoitettuun telineeseen. Elementit varastoidaan kovalle, kantavalle ja suoralle maapohjalle. Varastointitelineen painumista estetään aluspuilla ja levyillä. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö)

Liimapuuelementtien saapuessa työmaalle on tarkistettava elementtien ja kiinnitysosien lukumäärä. Liimapuuelementeistä on tarkistettava puhtaus ja vauriot. Kuljetuksessa tapahtuneet vauriot on kirjattava ja kuvattava. Liimapuuelementeistä olisi tarkistettava myös sijaintimerkinnot. Elementit tulisi asentaa suoraan kuormasta, sillä liimapuita ei saa varastoida suoraan maata vasten. Liimapuuelementit on varastoitava puhtaalle vähintään 250 mm korkealle alustalle, alustan on mahdollistettava tuuletus. Liimapuiden varastointialustan on oltava kova ja suora, koska on tärkeää, että liimapuuelementit eivät väänny varastoinnissa. Tämän lisäksi liimapuiden väliin on asennettava puhtaat välirimat. Ulkovarastoinnissa liimapuuelementit on peitettävä puhtaalla peitteellä, jonka alle asennettava korotusrimat, näin ollen tuuletus on mahdollinen. (Liimapuu käsikirja 2002.)

2.5 Olosuhteet

Olosuhteiden, kuten ilmankosteuden ja lämpötilan, on oltava asennuspaikalla sellaiset, että vaadittu laatutaso elementtiasennuksessa täyttyy. Myös nostotöissä on varmistuttava, että sääolosuhteet, kuten tuuli ja sade, eivät vaaranna nostotöitä. Myös muista turvallisuusvaatimuksista, kuten sähköistä, valaistuksesta ja asennuspaikan siisteydestä, on huolehdittava. Näin varmistutaan, että asennuspaikan olosuhteet vastaavat vaadittua laatutasoa. Kulkutiet, tikkaat ja telineet voivat olla liukkaita etenkin talvella, joten telineet on puhdistettava lu-

mesta ja jäästä ennen työn aloittamista. Nosto ja asennustyön aikana ulkopuolisten liikkuminen alueella on estettävä lippusiimoin tai suoja-aidoilla. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö; Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö.)

Hitsaustyöt on suoritettava sateelta, lumelta ja tuulelta suojattuna. Olosuhteiden sitä vaatiessa on hitsaustöissä käytettävä sääsuoja. Hitsattavat kohteet on lämmitettävä tarpeeksi laajalta alueelta, näin varmistutaan lisäaineen tartunta perusaineeseen. Matalissa lämpötiloissa hitsattaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota hitsaajan työskentelyolosuhteisiin. Riittävästä puhtaan hengitysilman määrästä on huolehdittava varsinkin ,jos hitsataan emäksisillä hitsauspuikoilla, tai jos hitsataan ruostumatonta terästä tai alumiinia. Hitsattaessa puikkojen on oltava kuivia ja puhtaita. Hitsauspuikkoja on säilytettävä puhtaassa ja kuivassa. Hitsaustöissä on huolehdittava, että ympäröivät paloherkät materiaalit ovat suojattuna. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö.)

2.6 Nostot

Nostotöiden turvallisuudessa on huomioitava seuraavia asioita: olosuhteet, kuljettajan pätevyys, käyttötarkastus, nostoapuvälineiden tarkastus, nostolaitteiden sijoitus, noston esteetön näkeminen, vaara-alueen erottaminen muusta työmaasta, taakan teko ja merkkien anto.

Kuljettajan pätevyyden toteamiseksi nostokoneen kuljettajalla on oltava nostokoneen kuljettajan kortti tai ammattikirja. Kuljettajan pitää olla tietoinen nostokaluston tekniikasta, rakenteesta ja kunnossapidosta. Kuljettajan tulee myös hallita nostokalusto erilaisissa tilanteissa ottaen huomioon sääolosuhteet ja asennuspaikka sekä laatia nostosuunnitelma. Nostokoneen kuljettajalla on oikeus kieltäytyä tehtävästä, mikäli hän näkee siitä olevan vahingonvaaraa itselleen, nostolaitteille tai kolmannelle osapuolelle.(Ratu 1182-S Nostotöiden turvallisuus.)

Nostokoneen käyttäjän on päivittäin tarkastettava nostolaitteen kunto ja tehtävä tarvittavat tarkastukset ennen nostolaitteen käyttämistä. Työskentelyn tapahtuessa kylmässä tai sateisissa olosuhteissa nostolaitteen jarrujen varolaitteiden toimintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. (Ratu 1182-S Nostotöiden turvallisuus.)

Nostolaitteiden sijoittaminen työmaalla on suunniteltava rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelun yhteydessä. Maapohjan kantavuus nostolaitteen alla on selvitettävä. Sijoittelussa on myös huomioitava riittävien aluslevyjen käyttö nostolaitteiden tukijalkojen alla. Sijoittelussa tulee ottaa huomioon työalueen näkyvyys ja muut vaatimukset, jos nostolaitteen ja nostokuorman välillä on näköesteitä, liikkuvaa taakkaa on valvottava ja nosturin kuljettajaa on ohjattava käsimerkein tai radiopuhelimella. Kuvassa 2 on nähtävillä betonipilari-elementin nostaminen nostolenkistä. (Ratu 1182-S Nostotöiden turvallisuus.)



Kuva 2. Betonipilari-elementin nostaminen nostolenkistä

Nostoapuvälineitä, joissa ei ole nimelliskuormamerkintää, ei saa käyttää nostoissa ilman luotettavaa selvitystä. Taakka on osattava kiinnittää oikein siten, että nostoraksit (kuva 3) eivät pääse luiskahtamaan tai vaurioitumaan. Suurin syy taakkojen putoamisiin on nostoapuvälineiden virheellinen kiinnitys ja asennus. Taakan teossa on kiinnitettävä erityistä huomiota nostoapuvälineiden kuntoon, olosuhteisiin, vaara-alueen vapaana pitoon ja kuljettajayhteyteen. Jäiset ja lumiset apulaitteet ja elementit on puhdistettava ennen nostotyötä. Nostojen ja asennusten aikana nostettavien rakennusosien alla liikkuminen on kielletty. Nostoissa käytetään tarvittaessa ohjausköyttä. Nostoapulaitteet saa irrottaa vasta, kun työaikainen tuenta on riittävä. (Ratu 1182-S Nostotöiden turvallisuus.)

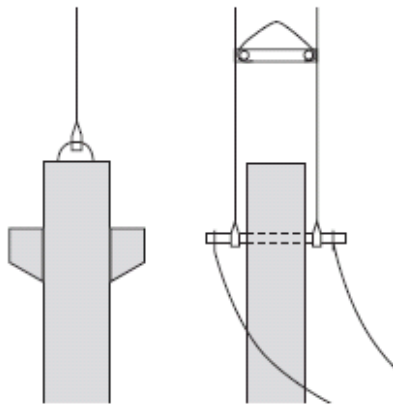


Kuva 3. Nostoraksien kaltevuuskulma β ei saa olla ylittää 60 astetta. Vastaavasti haarakulma α ei saa ylittää 120 astetta. (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)

Nostosuunnitelma on laadittava kirjallisena, jos päätoteuttaja näkee sen tarpeelliseksi, kuitenkin nostoista on aina oltava jonkunlainen suunnitelma. Työnjohtajan, nosturin kuljettajan ja työhön osallistuvien on tutustuttava nostosuunnitelmiin ennen työn aloittamista. Ennen nostotöitä on selvitettävä aina nostotöiden olosuhteet, nostopaikat ja -suunnat, nostettavan taakan nostokohdat, nostomenetelmät, maapohja, nostotyövaiheet, turvallisuustoimenpiteet sekä vastuhenkilöt. (Ratu 1182-S nostotöiden turvallisuus.)

2.7 Teräsbetonielementtien nosto- ja asennustyö

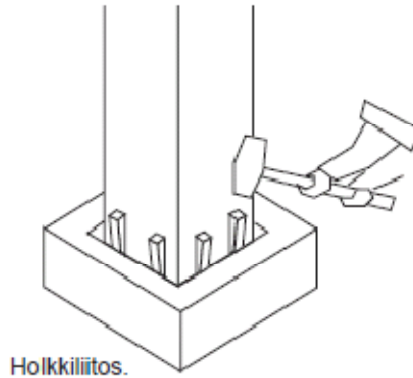
Pilariementit nostetaan suoraan kuormasta tai välivarastosta asennusjärjestyksen mukaisesti. Pilariementit nostetaan pilarin yläpäässä sijaitsevan asennusreikään pujotetun nostotapin avulla (kuva 4). Nostotapin sokan on oltava paikoillaan ennen nostoa (kuva 4). Matalat pilarit voidaan nostaa pilarin yläpäähän sijoitetun nostolenkin avulla. Nostoapuvälineet irrotetaan vasta, kun pilari on kiinnitetty ja tarpeelliset tuennat on suoritettu. Nostoapuvälineet voidaan irrottaa telineiltä, henkilönostimesta tai tapin laukaisu narua käyttäen. (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)



Kuva 4. Betonipilareiden nostaminen, nostolenkki ja nostotappi (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)

Pilarien asennuksessa käytetään kolmea eri liitostapaa: pulttiliitos, holkki-liitos ja hitsausliitos. Pulttiliitoksessa pilariementti asennetaan pulttien ja alusmuttereiden varaan, jotka on säädetty oikeaan korkeuteen ja kiinnitetään ja kiristetään asennusmuttereiden ja -prikkojen avulla. Holkkiliitoksessa holkkianturaelementti on asennettu anturaan valun yhteydessä (kuva 5). Pilariementin alapää nostetaan holkkielementtiin. Pilariementti kiilataan paikalleen puisilla asennuskiiloilla. Pilarin asemaa voidaan säätää kiilojen asemaa muuttamalla. Hitsausliitoksessa pilari nostetaan asennuspalojen päälle. Pilari tuetaan ja säädetään elementtitiilla pystysuoraan. Pilarin päässä oleva teräksinen pilarikenkä hitsataan alla olevaan rakenteeseen. Pilarin pystysuoruus tarkastetaan ennen hitsaustyön

aloittamista. Hitsaustyössä varmistetaan, että olosuhteet ovat suotuisat työskentelylle. (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)



Kuva 5. Pilarielementin holkkiliitos (Ratu 25-0280 Pilari- ja Palkkielementtityö.)

Palkkien nostossa käytetään nostorakseja, jotka kiinnitetään palkkien nostolenkkeihin. Palkit nostetaan pilareiden päälle tai pilareissa oleville konsoleille. Pilarin ja palkin väliin asennetaan neopreenikaistale. Palkit kiinnitetään tappi, pultti, hitsaus tai konsoliliitoksella. Palkkien tukipintojen suuruus ja niille asetetut vaatimukset on aina tarkistettava. Nostoraksit irrotetaan telineiltä, henkilönostimelta tai laukaisunarulla. Nostoraksit saa irrottaa vasta, kun palkit ovat kiinnitetty paikalleen ja riittävä tuenta on tehty. (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)

Palkin tappikiinnityksessä palkki asennetaan pilarin tai konsolin päässä oleviin tappeihin. Pulttikiinnityksessä palkki voidaan asentaa pilarin päähän, pilarin konsolille, teräksisille ulokkeille tai konsoleille. Hitsausliitoksessa palkissa on asennettuna kiinnitysteräksset, jotka hitsataan kiinni pilarin tartuntoihin. (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)

TT-laatat nostetaan kiinnittämällä nostokoukut elementtien nostolenkkeihin. Nostokoukkujen tulee olla lukkiutuvia. Nostovaijereiden ja koukkujen kuntoon tulee kiinnittää jatkuvasti huomiota. Elementti ohjataan paikalleen kangilla. Elementtien tukipintojen vaatimusten tulee täytyä. Nostokoukut saa irrottaa lenkeistä, kun tukipinnat ja oikea paikka on todettu. Laataston asennuksen edetes-

sä reunoille on asennettava kaiteet. (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)

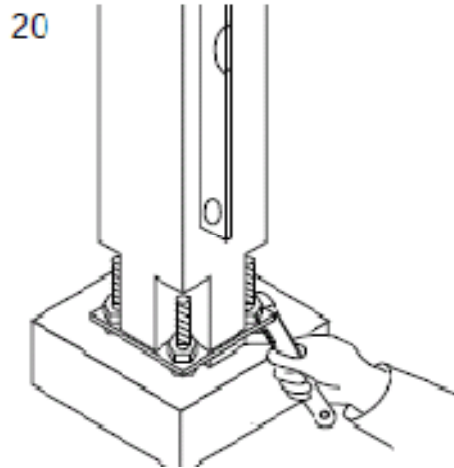
2.8 Teräselementtien nosto- ja asennustyö

Materiaalitoimitukset tulisi suunnitella niin että teräsosat voitaisiin nostaa asennettavaksi suoraan kuormasta ilman välivarastointia (kuva 6).



Kuva 6. Teräsrakenteiden nostotyö

Teräspilarit nostetaan nostorakseilla pilariin hitsatuista nostolenkeistä. Pilari kiinnitetään joko pulttiliitoksella tai hitsausliitoksella. Pilarin paikalleen nostamisen jälkeen sen pystysuoruus on tarkastettava ennen lopullista kiinnitystä. Nostorakseja ei saa irrottaa ennen liitoksen kiinnittämistä tai ennen riittävää väliaikaista tuentaa. Pulttiliitoksessa alusmutterit asennetaan oikeaan korkoon, jonka jälkeen asennusmutterit ja prikät kiristetään (kuva 7). Hitsausliitoksessa teräspilari nostetaan asennuspalojen päälle ja hitsataan kiinni anturassa oleviin tartuntoihin. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö.)



Kuva 7. Pilarelementin pulttiliitos (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö)

Teräspalkit kiinnitetään nostoapuvälineisiin rakennesuunnitelmien mukaisista nostokohdista. Palkkien pitää nostettaessa pysyä tasapainossa eikä palkkeihin saa nostettaessa syntyä muodonmuutoksia. Teräspalkit kiinnitetään pilareihin kynsi-, tappi- tai tukilevyliitoksena. Palkit ja pilarit liitetään toisiinsa pultti- tai hitsiliitoksella rakennesuunnitelmien mukaisesti. Palkin ja pilarin tulee olla ehdottomasti suorassa ennen hitsiliitosta, koska hitsauksen jälkeen elementtien aseman muuttaminen on työlästä. Nostoapulaitteet saa irrottaa vasta, kun pulttiliitoksen mutterit on kiristetty tai hitsausliitos on valmis. Palkit voidaan tukea alapuolisilla pystytuilla ennen lopullisten jäykisteiden asentamista. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö.)

Suuret teräsristikot kootaan vasta työmaalla kuljetuksen helpottamiseksi. Ristikoiden nostoissa on käytettävä apuna ohjausköyttä. Ristikoiden tulee olla ehdottoman suorassa niitä nostettaessa, sillä niihin ei saa tulla muodonmuutoksia. Ristikot asennetaan yleensä pilareiden päähän tai pilareiden kylkeen konsolin tai ulokkeen päälle. Ristikoiden nostoissa käytettävät apulaitteet saa irrottaa vasta, kun ollaan varmoja ristikoiden riittävästä sivuttaistuennasta. Ristikot sidotaan yhteen asennussuunnitelmien mukaisilla jäykisteillä ja tuilla. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö.)

Jäykisteet on asennettava paikalleen asennussuunnitelmien mukaisessa järjestyksessä. Nostoapulaitteet kiinnitetään suunnitelmien mukaisiin nostokohtiin. Jäykisteiden tulee olla nostettaessa tasapainossa eikä niihin saa tulla muodon-

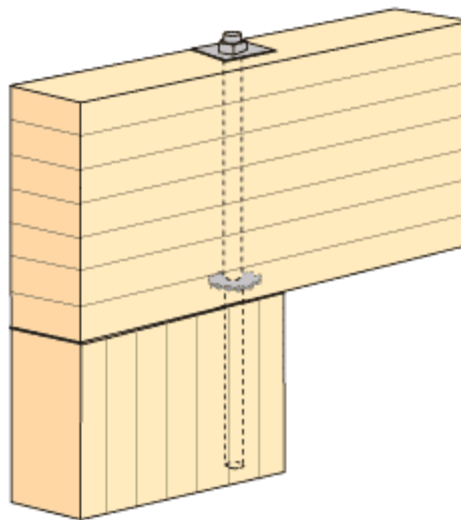
muutoksia. Jäykisteet kiinnitetään suunnitelmien mukaisesti joko pultti- tai hitsiliitoksella. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö.)

2.9 Liimapuuelementtien nosto- ja asennustyö

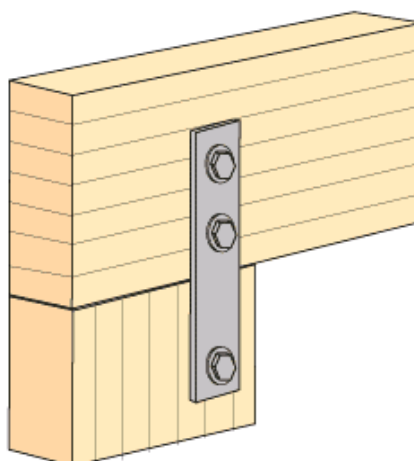
Liimapuuelementit tulee asentaa asennusjärjestyksen mukaan suoraan liimapuutoimituksen saapuessa työmaalle. Välivarastointia tulee välttää. Liimapuuelementit eivät saa kolhiutua tai likaantua nostojen tai asennuksen yhteydessä. Liimapuuelementit voidaan myös tarpeen vaatiessa toimittaa kulmasuojuksin. Nostoissa on käytettävä leveitä nostorakseja. (Liimapuu käsikirja 2002.)

Liimapuupilarit nostetaan asennussuunnitelmien mukaisista nostokohdista. Liimapuupilarit asennetaan paikalleen pulttiliitoksella. Pulttiliitoksessa pilari nostetaan alusmuttereille ja alusmuttereilla säädetään pilarin oikea korkeusasema. Asennusmutterit kiristetään, kun oikea korkeus asema ja pystysuoruus on tarkistettu. Nostoapuvälineitä ei saa irrottaa ennen kuin pilarin kiinnittäminen on varmistettu tai työaikainen tuenta on riittävä. (Liimapuu käsikirja 2002.)

Liimapuupalkkien kiinnittämisessä pilareihin käytetään naulalevy, liimatturuuvi- tai lovettupilariliitosta (kuvat 8 ja 9).



Kuva 8. Pilarin ja palkin välinen liimatturuuviliitos (Liimapuu käsikirja 2002)



Kuva 9. Liimapuupilarin ja palkin välinen naulalevy tai lattateräsliitos (Liimapuu käsikirja 2002)

Naulalevy- tai lattateräsliitoksessa palkki asennetaan pilarin päälle ja naulalevy tai lattateräs asennetaan pilarin ja palkin sivuun. Nostoapuvälineet saa poistaa vasta, kun naulalevy on paikallaan tai lattateräksen mutterit on kiristetty. Liimatturuuvikiinnityksessä palkki asennetaan pilarin päälle, johon on asennettu elementtitehtaalla ylöspäin työntyvät ruuvit. Liimatturuuvikiinnityksessä liitos on kokonaan piilossa. Nostoapuvälineet saa poistaa vasta, kun liimatturuuvikiinnityksen mutterit on kiristetty tai työnaikainen tuenta on riittävä. Lovettupilarikiinnitystä käytetään yleensä päätypilareissa. Lovettupilarikiinnityksessä pilari on lovettu päästään palkin levyisenä ja korkuisena. Pilarin ja palkin läpi asennetaan ruuvit, joiden mutterit on kiristettävä ennen nostoapuvälineiden irrottamista. (Liimapuu käsikirja 2002.)

2.10 Suojaus

Ympäröivät rakenteet on suojattava teräsrunkotyön ajaksi. Näin estetään niiden vaurioituminen. Hitsattaessa ja tulitöitä tehdessä, suojaus tapahtuu palamattomilla materiaaleilla. Suojauksen riittävyyttä on tarkasteltava asennustöiden aikana. Runkotöiden keskeytyessä runko on suojattava. Valmiiksi pintakäsitellyt elementit on suojattava esimerkiksi juotosbetonoinnin ajaksi roiskeilta. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö; Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö.)

Liimapuuelementit toimitetaan työmaalle muovikääreissä likaantumisen estämiseksi. Muovikääreet on viillettävä auki alapäästään kosteuden välttämiseksi muovin sisäpinnalla. Muovikääreet eivät suojaa kolhuilta, joten liimapuuelementit tulisi suojata alapäästään kovalevyllä tai vastaavalla materiaalilla. (Liimapuu käsikirja 2002.)

2.11 Pilarien ja palkkien paikalleen mittaus

Pilariementtien paikat mitataan ja merkitään alla oleviin rakenteisiin, ja samalla peruspulttien suunnitelmien mukaisuus tarkistetaan. Pilariementtien keskipisteiden asennuslinjat merkitään perustuksiin niin, että ne ovat näkyvissä koko asennuksen ajan. Elementtien oikea korkeusasema määritetään edellisestä kerroksesta vaaituskojeella ja tasolaaserilla. Pilarin alla oleva rakenne vaaitaan lattamitalla. Asennustyönyhteydessä pilarien korkeusasemaa säädetään niiden alle keskeisesti sijoitettavilla 100 mm x 100 mm asennuspaloilla. Asennuspalojen tulee olla ruostumattomia ja betonin peitesyvyyden on oltava riittävä juotosvalussa, etteivät raudoitukset pääse ruostumaan. Asennusalueen on oltava puhdas liasta, jäältä, vedestä ja muista epäpuhtauksista. Suuret epätasaisuudet alla olevassa betonissa on poistettava piikkaamalla. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö.)

Ennen teräsrungon asennusta tarkistetaan peruspulttien kunto, puhtaus ja sijainti, sekä rungon ja peruspulttien yhteensopivuus. Teräsrunko asennetaan asennussuunnitelman mukaisessa järjestyksessä. Alusmutterit säädetään oikealle tasolle esimerkiksi vaaituskoneella. Peruspulttien vioittuneet kiertet on korjattava ennen työn aloittamista esimerkiksi kierreleualla tai viilalla. Vioittuneiden muttereiden kiertet korjataan kierretapilla. (Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö.)

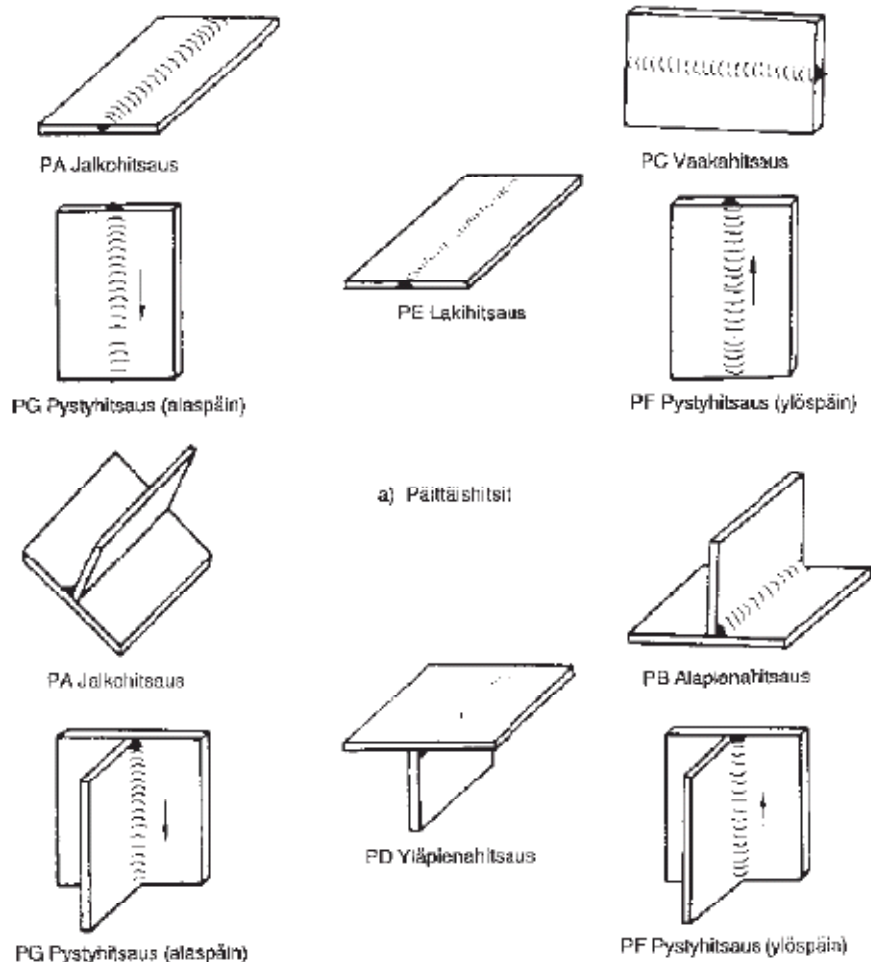
2.12 Hitsaukset ja hitsausluokat

Hitsaus on erityisprosessi, jonka laadunvalvonta on hankalaa. Hitsaukset vaativat jatkuvaa tarkkailua, dokumentointi ja toimintaohjeiden noudattamista. Työmaan hitsausolosuhteet ja työasennot ovat usein hankalia. Työmaalla hitsatesa tulee erityisesti huomioida olosuhteet: hitsauslisäaineet on säilytettävä kuivina ja hitsauskohdan ympärillä tulee olla riittävästi tilaa hitsaamiselle ja hitsin tarkastamiselle. Tärkeää on myös työturvallisuusmääräyksien noudattaminen,

sekä hitsaajalla on oltava voimassa olevat hitsauspätevyys. Hitsausta valvo-
van työnjohdon on tunnettava hitsauksen tekniset edellytykset sekä laadunval-
vontavaatimukset. Työnjohdon on mahdollisuuksien mukaan perehdytettävä
hitsaaja rakenteisiin ja varmistettava hitsaajan pätevyys. Rakenneteräksen hit-
saukset on tarkistettava työmaalla ainetta rikkomattomin menetelmin. Talonra-
kennustyömaan yleisimmät hitsaukset ovat teräsrungon liitokset, metalliraken-
teiden kiinnitykset, betonirakenteiden kiinnitykset sekä raudoitukset. Betonira-
kenteissa hitsausta käytetään betonielementtien kiinnityksissä, etenkin TT-
laattojen yhteen hitsauksessa. Teräsrakennetöissä hitsauksia käytetään eniten
kaikissa runkorakenteissa. Teräs- ja teräsbetonirakenteissa hitsausliitokset ovat
yleisiä, koska suunnittelun ja toleranssien kannalta hitsausliitos on pulttiliitosta
helpompi. Pulttiliitoksien käyttämisen syynä on usein helpompi laadunvarmistus
työmaalla. (Kone-Ratu 08-3035 Rakennustyömaan hitsaukset, hitsaajan päte-
vyyden toteaminen; Ratu 1186-S Tulitöidenturvallisuus)

Hitsaajan pätevyyttä määrittävät laatustandardit. Hitsaaja tulee olla pätevoidetty
seuraaviin muuttujiin: tuotemuoto, liitosmuoto, hitsausprosessi, perusaine, lisä-
aine, aineen paksuus, putken ulkohalkaisija ja hitsausasento. Tuotemuotoja
ovat levy (P) ja putki (T). Liitosmuotoja ovat pienahitsaus (FW) ja päittäishitsaus
(BW). Hitsausprosesseja ovat puikko- (111), suojakaasuton täytelanka- (114),
jauhekaari- (12), MIG- (131), MAG- (135), suojakaasullinen täytelanka- (136),
TIG (141), plasma (15) ja happi-asetyleenihitsaus (311). Perusaineita ovat
yleensä seostamattomat hiili- ja hiilimanganiteräkset (W01), kuumalujat teräk-
set (W02), hienoteräkset (W02) ja ruostumattomat teräkset (W04 ja W11).
Puikkohitsauksen lisäaineita ovat hapan (A), rutiili (R), emäs (B), sellu (C), eri-
tyis (S). Aineen paksuuksien pätevyys alueita ovat $t < 3$ ($t \leq 2t$), $3 < t \leq 3$ ($3t \leq 2t$),
 $t > 12$ ($t \geq 5$). Putken ulkohalkaisijan pätevyys alueita $D \leq 25$ ($D \leq 2D$), $25 < D \leq$
 150 ($0,5D \leq 2D$), $150 > D$ ($> 0,5D$). Hitsausasentoja (kuva 10) ovat jalko- (PA),
alapiena- (PB), vaaka- (PC), yläpiena- (PD), laki- (PE), pysty- (PF), pystyhitsaus
(PG) ja pystyasento kun putki on kallellaan 45° (H-LO45). (Kone-Ratu 08-3035
Rakennustyömaan hitsaukset, hitsaajan pätevyyden toteaminen; Ratu 1186-S
Tulitöidenturvallisuus.)

Hitsaajan pätevyys on voimassa kaksi vuotta suoritetusta ja hyväksytystä testistä. Hitsaajan pätevyyden varmistamiseksi on kuitenkin todettava puolen vuoden välein, että työtä kyseisellä pätevyysalueella on tehty suhteellisella jatkuvuudella eikä tauko ylitä kuutta kuukautta, työ vastaa teknisiä olosuhteita; joissa pätevyyskoe on suoritettu eikä hitsaajan pätevyyttä ole erityistä syytä epäillä. Pätevyyden toteamisen suorittaa työnantaja. Pätevyyttä voidaan jatkaa kahden vuoden jaksoissa, mikäli tuotantohitsaus täyttää asetetut vaatimukset, kokeen valvoja myöntää ja allekirjoittaa jatkoluvat. (Kone-Ratu 08-3035 Rakennustyömaan hitsaukset, hitsaajan pätevyyden toteaminen; Ratu 1186-S Tulitöidenturvallisuus.)

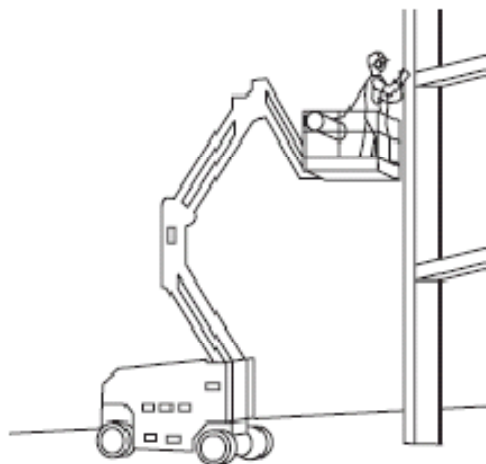


Kuva 10. Hitsaussaumoja (Kone-Ratu 08-3035 Rakennustyömaan hitsaukset, hitsaajan pätevyyden toteaminen)

2.13 Työtasot ja henkilönostimet

Asennustyössä käytettävien työtasojen on täytettävä turvallisuusmääräykset. Nojatikkaiden käyttö asennustyössä on kielletty. Työteline, joka on yli puoli metriä korkea, on varustettava nousutiellä. Putoamiskorkeuden ollessa yli kaksi metriä tulee tasolla olla suojakaiteet, joista löytyvät käsi- ja välijohde. Telineen ja seinän välin ollessa yli 0,25 m on myös seinän puolella käytettävä suojakaidetta. Suojakaiteen korkeuden on oltava vähintään metri. Työtelineeltä on estettävä esineiden putoaminen jalkalistoilla tai muilla suojarakenteilla, esimerkiksi levyillä. Työtasossa olevat aukot on peitettävä suojakansilla; suojakannen on oltava riittävän luja, se ei saa olla liukas eikä liukua pois paikaltaan. Asennustyössä käytettävien työpukkien on oltava hyväksytyjä ja tarkoituksenmukaisia. Pukin askelmat voivat olla liukkaita sateella ja talviolosuhteissa. (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)

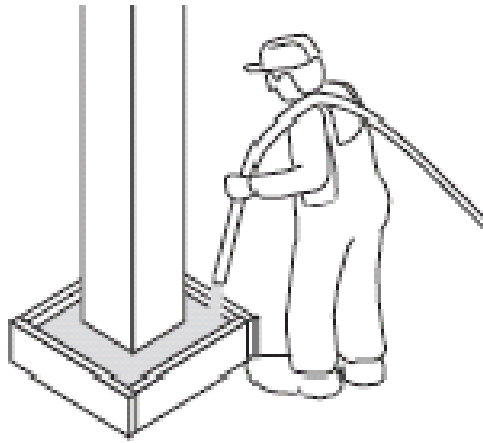
Henkilönostot on osa työmaan turvallisuussuunnittelua. Suunnittelulla varmistetaan käytettävien laitteiden turvallisuus, määräysten ja asetusten mukaisuus ja soveltuvuus työhön. Henkilönostosuunnitelmassa esitetään tehtävät tarkastukset sekä henkilönostimen käyttökohteet. Henkilönostimen (kuva 11) on oltava tarkoitettuun työhön sopiva ja ennen työtä on varmistettava, että se on rakenteellisesti kunnossa ja maapohja on kantava. Henkilönostimen on oltava tarkoitettu henkilönostotöihin, rakenteeltaan ja työalustaltaan työhön sopiva ja nostokyvyltään ja työsäteeltään työhön riittävä. Työmaalla on oltava henkilönostimen käyttöohjeet ja työnjohdon on varmistettava, että työntekijät osaavat käyttää kyseistä laitetta. Henkilön kuljettaminen, nosturilla, rakennushissillä tai maansiirtokoneella on kielletty. Henkilönostot nosturilla on kielletty ilman hyväksyttyä nostokoria. (Betonielementtien turvallinen asennus 2010.)



Kuva 11. Henkilönostimen turvallinen käyttö (Betonielementtien turvallinen asennus, Betoniteollisuus RY 2010)

2.14 Juotosbetonointi

Pilareiden ja palkkien liitoksen ympärille valmistetaan tukkolaudoitus. Laudoitukset tuetaan ja kiinnitetään elementteihin. Elementtisaumojen laudoituksen tulee olla tiiviis, jotta juotosmassa pysyy saumassa valun aikana. Holkkiasennuksessa holkkielementti toimii valumuotina. Puukiilat poistetaan valumuotista sekä raudoitukset ja tartunnat tarkistetaan ennen juotosvalua. Ennen juotosvalua valualusta on kasteltava. Kastelu on aloitettava riittävän aikaisin, esimerkiksi puoli vuorokautta ennen juotosvalua, jotta juotosvalusta ei imeydy kosteutta alusbetoniin. Alustaan imeytymätön vesi on poistettava ennen juotosvalua harjaamalla tai puhaltamalla paineilmalla, koska ylimääräinen vesi muuttaisi betonin notkeutta. Juotossaumat valetaan täyteen notkistettua betonia. Normaalaa betonia käytettäessä juotossaumat sullotaan. Juotoksessa syntyneet roiskeet puhdistetaan rakenteista välittömästi ennen niiden kovettumista. Perustuksien pulttiliitos on suojattava jälkivalulla (kuva 12). Jälkivalun lujuusluokka ja notkeus on ilmoitettu suunnitelmissa. Jälkivalun on kovetuttava tavoitelujuuteensa ennen rakenteen kuormittamista. Jälkivalun ja teräsrakenteen yhteensopivuus on tarkastettava ennen valamista. Talviolosuhteissa on otettava huomioon betonoinnin erityisvaatimukset. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö.)



Kuva 12. Peruspulttien suojaus jälkivalulla (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö)

Talviolosuhteissa juotosvalun onnistumiseksi juotoskohtien tulee olla puhtaita lumesta ja jäädästä. Juotoskohdan tulee olla riittävän lämmin. Juotoksessa käytettävä betoni on valittava lujuusluokaltaan suuremmaksi kuin suunnitelmissa on mainittu, vaaditun lujuusluokan saavuttamiseksi. Betonimassan lämpötilan tulee olla yli $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, koska betoni ei saa päästä jäätymään. Normaalialueilla käytettävässä on betonimassa lämmitettävä. Juotosbetonoinnissa voidaan käyttää pakkas- tai kuumabetonia. Juotosvalun jälkeen juotoskohta on eristettävä esimerkiksi eristysmatolla. Saumavalujen lämmityksessä käytetään lanka- tai säteilylämmitystä. Juotosbetonin lujuuden kehitystä on seurattava ja juotosbetonin on saavutettava jäätymislujuus ennen jäätymistä. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö.)

2.15 Lopettavat työt

Elementtiasennustyön valmistuttua työaikaiset suojaukset poistetaan sekä liittyvät rakennusosat puhdistetaan roiskeista. Työmaa siivotaan työaiheuttamista jätteistä ja jätteet lajitellaan niille osoitetuille paikoille poiskuljetusta varten. Työvälineet ja koneet puhdistetaan, huolletaan ja varastoidaan seuraavaa käyttökertaa varten. Ympäristö, kulkutiet ja varusteet puhdistetaan työtä edeltävään kuntoon. Saumavalujen muotit saa purkaa vasta, kun betoni on kovettunut riittävästi. Juotosbetonipinnat viimeistellään muuraustyökaluin ennen kuin betoni on täysin kovettunut. Uudelleen käytettävät muottikalustot puhdistetaan ja varastoidaan. Kovettuneet roiskeet poistetaan petkeleellä. Juotosbetonipinnan

tulee olla tasainen ja yhtenäinen muun betonipinnan kanssa. Juotosvalujen saumat peitetään esimerkiksi muovilla tai saumoja kastellaan vedellä, jotta betoni ei pääse kuivumaan liian nopeasti. Näin estetään liiallinen kutistuminen ja halkeilu. Elementtituet saa poistaa juotosbetonin saavutettua tavoitelujuutensa. Ne voidaan kuitenkin jättää paikalleen, mikäli niitä tarvitaan rakennusaikaiseen tuentaan. Elementtirunko suojataan, jos se katsotaan tarpeelliseksi ja sen vahingoittuminen olisi mahdollista seuraavien työvaiheiden takia. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö; Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö.)

Elementtirunko tarkastetaan ennen sen luovuttamista. Elementtirungon tulee olla luovutettaessa ehjä, puhdas sekä sopimusasiakirjojen mukainen. Teräsrungon vastaanottotarkastuksessa luovutetaan pääurakoitsijalle työnaikaiset elementtirungon laadunvarmistuskirjaukset. Laadunvarmistusasiakirjat ja mittaus-ten pöytäkirjat liitetään työmaa-asiakirjoihin. Teräsrungon vastaanottotarkastuksessa luovutetaan teräsrakenteita koskeva laatupassi. Elementtirunkoa koskevat tuoteselosteet sekä huolto- ja kunnossapito-ohjeet luovutetaan liitettäväksi huoltokirjaan. Kohteen laatupassi sisältää: ainetodistukset, hitsaussuunnitelmat, tarkastussuunnitelmat, hitsien tarkastuspöytäkirjat, todistukset hitsausaineista, hitsaajien pätevyystodistukset, valmisosien tarkastuspöytäkirjat, pinnoitteiden tarkastuspöytäkirjat, asennushitsien tarkastuspöytäkirjat, pulttiliitoksien tarkastuspöytäkirjat ja asennussuunnitelman. (Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö; Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö)

3 AIKATAULU

3.1 Aikataulutuskohde

Esimerkkikohde on liikerakennus, joka sijaitsee Imatran Mansikkalassa (kuva 13). Aikataulutuksen pilarien ja palkkien määrät on otettu suunnitteluasiakirjoista ja saaduista tarjouksista. Aikataulu koskee vain runkoelementtien asennusta. Aikataulutuksessa en ota huomioon toteutunutta aikataulua, vaan teoreettinen hyvissä olosuhteissa tapahtuvan elementtiasennuksen. Tuulta tai talviolosuhteita ei myöskään oteta huomioon. Talviolosuhteet tuovat 10-20 % lisää nyt laskettuun aikatauluun riippuen valitusta runkoratkaisusta.

Kohteen tietoja:
Liiketalo Mansikkala, Tietäjänkatu 1, 55120 Imatra
Kerrosala 4651 m²
2-kerroksinen
Paloluokka P2
Kantavat rakenteet R30

Aikataululaskelmat ovat tämän yhden kohteen laskelmat ja suuntaa-antavia yleisesti erilaisille hallimaisille rakennuksille. Pienemmissä hallikohteissa aikataulun erot saattavat vielä pienentyä. Aikataululaskelmissa on käytetty työryhmänä 2 ram + 1 rm. Työvaiheessa työtä voi teoriassa nopeuttaa tai hidastaa työryhmää muuttamalla.



Kuva 13. Liikerakennus Imatran Mansikkalassa.

3.2 Aikatauluun vaikuttavat tekijät

Aikataulut ovat laskettu T3:n eli tehollisen työajan mukaan, joten työn keskeytymisiä, säähaittoja, tapaturmia tai koneiden rikkoutumia ja huoltoja ei ole otettu huomioon. Ajallisesti eri runkorakenteilla ei ole suurta eroa. Tässä kohteessa

voidaan sanoa, että kaikki rakenteet vievät noin 3 viikkoa, joten ajallisesti rakenteen valinnalla ei saavuteta suurta eroa. Aikaa säästyy hiukan, jos elementit eivät vaadi välivarastointia vaan elementit saadaan asennettua suoraan kuormasta. Välivarastosta nostaminen kuluttaa aikaa enemmän kuin suoraan elementtikuormasta asentaminen.

Teräs- ja liimapuurakenteiset runkoratkaisut vievät lähes saman verran aikaa, koska rungon pystyttäminen on hyvin samanlainen. Teräs on kuitenkin liimapuuta enemmän aikaa vievä ratkaisu hitsauksien ja suurempien jäykistemäärien takia. Hitsaukset vievät aikaa, sillä hitsauksia varten olosuhteiden pitää olla kunnossa tai jopa rakennettava sääsuoja. Hitsaustyöt vaativat myös luokkahitsarin, joka ei osallistu niin paljon itse rungon asennukseen, vaan hoitaa ainoastaan hitsaukset ja näin hidastaa mahdollisesti asennusta, jos hitsaaja kuuluu työryhmään 2+1. Teräsrakenteisen hallirakennuksen aikaa vievin osa on ristikoasennus ja ristikoiden suuret jäykistemäärät. Teräsjäykisteiden hitsaus ja pulttiliitokset vievät paljon aikaa verrattuna muihin runkoratkaisuihin verrattuna. Muut runkoratkaisut eivät vaadi niin paljon jäykisteitä kuin teräsrakenteet, koska teräsrakenteet ovat yleensä hoikempia.

Liimapuurakenteisen hallirakennuksen aikaa vievin osa on palkkien asennus. Liimapuuhallin palkkien asennus on kuitenkin nopeaa verrattuna esimerkiksi teräsrakenteisen hallin ristikoihin. Suuret liimapuu-rakenteet on nopeaa asentaa, koska liimapuu on kevyempää kuin teräs tai teräsbetonirakenteet. Toisaalta liimapuupalkit ovat massiivisia eivätkä tarvitse niin paljon jäykistystä kuin esimerkiksi teräsristikot, joissa jäykisteiden määrä ajallisesti huomattava asennuksessa. Liimapuurakenteiden liitoksissa naulalevyliitokset ovat nopeita asentaa verrattuna juotosbetonointiin tai hitsausliitoksiin. Liimapuurakenteissa suojaus on tärkeää, joten siihen voisi aikataulussakin kiinnittää huomiota muutamalla tunnilla rakennusmiehen työtunneista.

Teräsbetonirakenteisen rakennuksen aikaa vievin osa tässä kohteessa on pilarit ja niiden juotosvalut sekä HTT-laattaelementtien asennus ja juotosvalut. Tässä kohteessa sekarakenteen käyttö saattaisi olla järkevää, esimerkiksi teräsbetonipilari- ja palkkirakenteet sekä teräksiset kattoristikot. Kuten kohdassa 1.14 on mainittu, liitoksien muottien tekeminen, purkaminen ja muottijätteiden lajittelu

sekä juotospintojen viimeistely ovat sellaisia töitä, joita liimapuu- ja teräsrakenteissa ei tarvitse tehdä ja näin ollen se näkyy aikataulutuksessa. HTT-laatta-asennus on hidasta, koska suuri laattojen määrä lisää aikaa vievää nostotyötä, laatat ovat massiivisia ja jokainen laatta joudutaan juotosbetonoimaan ja rau-doittamaan. Teräsbetonirakenteisiin voisi lisätä siivoukseen ja suojaukseen enemmän aikaa, sillä juotosbetonoinnissa syntyy enemmän jätettä kuin muissa rakenteissa.

3.3 Teräselementtirakenteisen hallirakennuksen aikataululaskelma

Taulukossa 1 on laskettu Mansikkalassa sijaitsevan liikerakennuksen rungon pystytyksen aikataulu teräselementtirakenteisena T3:n mukaan.

| Työnosa | Työmenekki T3 | Suoritemäärä | Yht: |
|---|---------------|--------------|------------------|
| Aloittavat työt | | | |
| Tavaran vastaanotto ja välivarastointi | 0,05 tth/kpl | 187 | <u>9,35</u> tth |
| Mittaus: alusmuttereiden korko ja säätö | 0,25 tth/kpl | 87 | <u>21,75</u> tth |
| Nosturin Valmistelu | 16 tth/kpl | 2 | <u>32</u> tth |
| Siirrot | | | |
| Nosturi 1-3krs | 0,35 tth/kpl | 187 | <u>65,45</u> tth |
| Pilarit | | | |
| Mittaus | 0,12 tth/kpl | 87 | <u>10,44</u> tth |
| Asennus | 0,25 tth/kpl | 87 | <u>21,75</u> tth |
| Kiinnitys | 0,4 tth/kpl | 87 | <u>34,8</u> tth |
| Palkit | | | |
| Mittaus | 0,09 tth/kpl | 18 | <u>1,62</u> tth |
| Asennus | 0,75 tth/kpl | 18 | <u>13,5</u> tth |
| Kiinnitys | 0,25 tth/kpl | 18 | <u>4,5</u> tth |
| Ristikot | | | |
| Mittaus | 0,09 tth/kpl | 82 | <u>7,38</u> tth |
| Asennus | 0,85 tth/kpl | 82 | <u>69,7</u> tth |
| Kiinnitys | 0,35 tth/kpl | 82 | <u>28,7</u> tth |
| Jäykisteet | | | |
| Asennus, mittaus | 0,2 tth/kpl | 206 | <u>41,2</u> tth |
| Kiinnitys | 0,2 tth/kpl | 206 | <u>41,2</u> tth |
| Siivous & suojaus | 0,01 tth/kpl | 187 | <u>1,87</u> tth |
| yht: | | | <u>405,2</u> tth |
| Työtunnit | 406 | tth | |
| Suoritemäärä | 187 | | |
| Kesto | 17 | tv | |
| Työryhmä | 2+1 | | |

Taulukko 1. Teräsrakenteinen hallirakennus

3.4 Teräsbetonielementtirakenteisen hallirakennuksen aikataululaskelma

Taulukossa 2 on laskettu Mansikkalassa sijaitsevan liikerakennuksen rungon pystytyksen aikataulu teräsbetonielementtirakenteisena T3:n mukaan.

| Työnosa | Työmenekki T3 | Suoritemäärä | Yht: |
|--|---------------|--------------|------------------|
| Aloittavat työt | | | |
| Tavarán vastaanotto ja välivarastointi | 0,15 tth/kpl | 260 | <u>39</u> tth |
| Mittaus | 0,12 tth/kpl | 260 | <u>31,2</u> tth |
| Nosturin valmistelu | 16 tth/kpl | 2 | <u>32</u> tth |
| Siirrot | | | |
| Nosturi 1-3krs | 0,35 tth/kpl | 260 | <u>91</u> tth |
| Pilarit | | | |
| Asennus ja kiinnitys | 0,85 tth/kpl | 81 | <u>68,85</u> tth |
| Juotos(Muottityö+betonointi) | 0,4 tth/kpl | 81 | <u>32,4</u> tth |
| Palkit | | | |
| Asennus tuelle, tappi- tai pulttikiinnitys | 0,9 tth/kpl | 44 | <u>39,6</u> tth |
| Palkkien juotos | 0,3 tth/kpl | 44 | <u>13,2</u> tth |
| HTT-laatat | | | |
| Asennus | 0,65 tth/kpl | 135 | <u>87,75</u> tth |
| Saumaus | 0,3 tth/kpl | 135 | <u>40,5</u> tth |
| Siivous & suojaus | 0,01 tth/kpl | 260 | <u>2,6</u> tth |
| yht: | | | <u>478,1</u> tth |
| Työtunnit | 478 tth | | |
| suoritemäärä | 260 | | |
| Kesto | 20 tv | | |
| Työryhmä | 2+1 | | |

Taulukko 2. Aikataulu teräsbetonirakenteinen hallirakennus

3.5 Liimapuuelementtirakenteisen hallirakennuksen aikataululaskelma

Taulukossa 3 on laskettu Mansikkalassa sijaitsevan liikerakennuksen rungon pystytyksen aikataulu Liimapuurakenteisena T3:n mukaan.

| Työnosa | Työmenekki T3 | Suoritemäärä | Yht: |
|---|---------------|--------------|------------------|
| Aloittavat työt | | | |
| Tavarán vastaanotto ja välivarastointi | 0,05 tth/kpl | 237 | <u>11,85</u> tth |
| Mittaus: alusmuttereiden korko ja säätö | 0,25 tth/kpl | 128 | <u>32</u> tth |
| Nosturin Valmistelu | 16 tth/kpl | 2 | <u>32</u> tth |
| Siirrot | | | |
| Nosturi 1-3krs | 0,35 tth/kpl | 237 | <u>82,95</u> tth |
| Pilarit | | | |
| Mittaus | 0,12 tth/kpl | 128 | <u>15,36</u> tth |
| Asennus | 0,25 tth/kpl | 128 | <u>32</u> tth |
| Kiinnitys | 0,4 tth/kpl | 128 | <u>51,2</u> tth |
| Palkit | | | |
| Mittaus | 0,09 tth/kpl | 109 | <u>9,81</u> tth |
| Asennus | 0,75 tth/kpl | 109 | <u>81,75</u> tth |
| Kiinnitys | 0,25 tth/kpl | 109 | <u>27,25</u> tth |
| | | | tth |
| Siivous & suojaus | 0,01 tth/kpl | 237 | <u>2,37</u> tth |
| | | yht: | <u>378,5</u> tth |
| Työtunnit | 380 | | |
| Kesto | 16 tv | | |
| Suoritemäärä | 237 | | |
| Työryhmä | 2+1 | | |

Taulukko 3. Liimapuurakenteinen hallirakennus

4 MATERIAALIKUSTANNUKSET

4.1 Kustannuksien laskenta ja arviointi

Materiaalikustannukset ovat suuntaa-antavia ja kohteesta, tarjouksesta ja elementtitehtaasta riippuvaisia. Kohteena materiaalikustannuslaskuihin toimii sama liikerakennus Imatran Mansikkalassa kuin aikataulutuskohdeena. Eri materiaalien kustannukset riippuvat yleisesti raakatavaran hinnasta. Esimerkiksi raaka-puun hinnan nousu näkyy suoraan liimapuun hinnan nousuna. Kustannukset on laskettu ROK rakennusosien kustannuksia 2010 kirjan mukaan ja suuruusluokat tarkastettu tarjouksista. Osa hinnoista on arvioita. Hinnat ovat laskettu alv 0%.

4.2 Teräsrakenteisen hallirakennuksen materiaalikustannukset

Rakennusrungon teräsmäärä on noin 150 000 kg.

Sisältäen:

Harjaristikot 62 kpl

Vekseliristikot 20 kpl

Pilarit 87 kpl

Päätypalkit 18 kpl

Katon jäykistesiteet 206 kpl

Materiaalikustannukset: n. 250 000 €

Lisäksi profiilipelti n. 90 000 €

Teräsosat + profiilipelti n. 350 000 €

Teräsrakenteissa kallein osuus on kattoristikot ja niiden jäykisteet. Verrattuna esimerkiksi liimapuuhun kattoristikot on kallis osa, koska kattoristikoita ja jäykisteitä on paljon toisin kuin massiivisia liimapuupalkkeja. Rakenneteräksen hinta on korkeampi kuin puun tai teräsbetonin. Teräksen työstäminen konepajalla on enemmän aikaa vievää ja kalliimpaa kuin liimapuun tai teräsbetonin. Profiilipelti on laskettu liimapuulle ja teräsrakenteelle samanhintaiseksi, vaikka kiinnitys onkin jokseenkin erilainen. Teräsosat on laskettu palosuojattuna P2-luokan rakennuksen mukaan. Palosuojamattomat rakenteet olisivat halvempia.

4.3 Teräsbetonielementtirakenteisen hallirakennuksen materiaalikustannukset

Teräsbetonielementtirakennuksen elementtiasennus sisältää seuraavat asiat:

Pilarit 81 kpl
Palkit 44 kpl
HTT-laatat 135 kpl
Materiaalikustannukset 400 000 €

Teräsbetonirungon kallein osa on kantavan yläpohjarakenteen HTT-laatat. Hintaa laskisi huomattavasti HTT-laattojen korvaaminen kantavalla profiilipellillä ja teräsbetonipalkeilla tai teräsristikoilla ja profiilipellillä. HTT-laattojen korvaus las-
kisi hinnan teräksen ja liimapuun hinnan väliin. Teräsbetonipalkkeja käyttämällä jänneväli tulisi mahdollisesti vastaan, ja näin ollen teräsbetonipalkit kasvaisivat kohtuuttoman suuriksi ja raskaiksi. Pienempimuotoisessa hallirakennuksessa teräsbetonipalkeilla ja profiilipellillä päästäisiin materiaalikustannuksissa pie-
nempään kokonaissummaan kuin teräsrakenteissa hallissa. Teräsbetonin hyvä puoli on, että teräsbetoni rakenteet ovat helposti muunneltavissa elementtitehtaalla ja teräsbetonin pintakäsittely on helpointa.

4.4 Liimapuuelementtirakenteisen hallirakennuksen materiaalikustannukset

Rakennusrungon liimapuumäärä on noin 400 m³

Sisältäen:

Pilarit 128 kpl

Palkit 109 kpl

Materiaalikustannukset n. 150 000 €

Lisäksi yläpohjan kantavarakenne esimerkiksi profiilipelti n. 90 000 €

Materiaalikustannukset yhteensä n. 250 000 €

Liimapuinen runkorakenne on näistä kolmesta edullisin. Liimapuurakenteisen hallin hintaa nostaa kantavan yläpohjarakenteen kuulumattomuus tarjouksiin. Esimerkiksi kantava profiilipelti yläpohjarakenteena joudutaan ottamaan eri tarjoukselle ja eri aliurakalla. Liimapuurakenteiden edullisuus perustuu erillisten kattoristikoiden tai vastaavien puuttumiseen, sillä liimapuupalkeilla päästään tarpeeksi suuriin jänneväleihin eivätkä liimapuupalkit tarvitse erillistä jäykistystä kuten teräsrakenteet. Liimapuurakenteissa kustannuksiin vaikuttaa myös pilareiden ja palkkien liitos. Naulalevy liitos on nopea ja edullinen verrattuna juotosbetonointiin, hitsaus tai pulttiliitoksiin. Liimapuun pintakäsittely on tehty elementtitehtaalla mutta liimapuu ei ulkonäöllisesti sovi kaikkialle.

4.5 Materiaalikustannusten vertailua

Aikataulun ja materiaalikustannuksien perusteella liimapuu vaikuttaa parhaalta vaihtoehdolta. Puu materiaalina ja sen pintakäsittely ei taas sovi kaikkialle ja liimapuupilarit ja palkit ovat materiaaleista isoimpia ja tilaa vievimpiä. Tämän takia yleensä päädytäänkin tuttuun ja turvalliseen betoniin, koska betonin pintakäsittely on helppoa ja betonipilareita voidaan tehdä melkein mihin tahansa muotoon ja paikkaan sopivaksi. Teräsosat taas ovat pienimpiä poikkileikkaukseltaan ja niin ollen sopivat paremmin rakennuksiin, toisaalta niiden palosuojaus ja pintakäsittely on kallista. Pienempiin hallimaisiin rakennuksiin liimapuu on hyvä materiaali, koska liimapuu on edullinen ja nopein pystyttää ja pienillä jänneväleillä liimapuupalkkien ja pilareiden poikkileikkaukset eivät kasva niin suuriksi.

5 TYÖKUSTANNUKSET

Työkustannukset ovat samat riippumatta siitä tehdäänkö työ aliurakkana vai omana työnä. Aliurakkana teetettyyn työhön usein kuitenkin lisätään muun muassa heidän työnjohdon palkkaus ja näin ollen aliurakkatarjous saattaa olla korkeampi, kuin pääurakoitsijan toimesta tehtynä. Teräsrunko ostetaan usein pystytettynä, koska rakennusliikkeillä harvoin on luokkahitsareita, joita teräsrungon asennuksessa tarvitaan. Jos työ tehdään pääurakoitsijan toimesta ja jos elementtiasennustyöryhmälle ei ole annettu elementtiasennuksesta urakkaa, asennushinta on verrannollinen kulutettuun aikaan. Työkustannuksissa ei ole otettu huomioon eri palkkatasoja vaan kustannukset ovat laskettu yhdellä palkkaustasolla. Työkustannuksiin ei myöskään ole laskettu profiilipellin asennusta liimapuussa ja teräsrakenteessa, eikä siinä ole huomioitu nosturin ja nosturin kuljettajan palkkausta. Työkustannuksiin on huomioitu yhden työnjohtajan palkkaus.

Ajallisesti laskettuna työkustannukset olisivat:

Liimapuu noin 50 000€
Teräsbetoni noin 65 000€
Teräs noin 55 000€

Aliurakkana suoritettuna hinta on riippuvainen aliurakan suorittavan yrityksen tarjouksesta ja siitä, mitä tarjoukseen kuuluu: sisältyykö aliurakkatarjoukseen nosturi vai onko se pääurakoitsijan hankittava. Aliurakkaan kuuluu usein työnjohdon osuus, koska se helpottaa esimerkiksi hitsaustöiden laadunvarmistusta, sillä usein pääurakoitsijan työnjohto ei ole perillä hitsaustöiden laadunvarmistustoimista ja esimerkiksi hitsausseamojen oikeanlaisuudesta.

Liimapuurakenne on työ kustannuksiltaan edullisin, koska liimapuu on ajallisesti nopein pystyttää eikä vaadi erityistyöryhmää kuten hitsaustyöt. Teräsbetonirakenne on kallein, koska HTT-laattojen asennuksen takia se on aikaa vievin ja näin ollen kallein. Teräsrakenteisen hallin kallein osuus on kattoristikoiden asennus ja suurien jäykistemäärien asennus. Teräsrungon asennuksessa tulee lisäkustannuksia jos hitsaaja ei kuulu työryhmään 2+1 näin ollen työ kustannukset nousevat. Työ kustannuksiin voidaan teoriassa vaikuttaa suurentamalla ja pienentämällä työryhmää.

6 PÄÄTELMÄT

Lemminkäinen Talo Oy on rakentanut monia hallimaisia liiketilarakennuksia ja toivoi vertailua niiden aikataulusta, kustannuksista ja työmaatekniikasta. Yritys halusi tutkimuksen erilaisista vaihtoehdoista, koska on tavallisesti kohdistanut materiaalivalintansa teräsbetoniin ja teräkseen. Useimmiten valinta tapahtuu tarjouksien perusteella. Opinnäytetyössä eri materiaalien vertailu tuo mahdollisesti enemmän näkökulmia valintaan. Työssä käytiin läpi työmaateknisesti tärkeimpiä eroja. Aikataulutuksessa ja kustannuksien laskennassa suoritettiin suurpiirteistä vertailua.

Hallirakentamisessa yleisesti materiaalivalinta on teräsbetoni tai teräs. Opinnäytetyö tuo esiin ajatuksen, että myös liimapuuta voisi käyttää yleisemmin, koska se on nopeampi ja edullisempi, kuin teräs ja teräsbetoni. Liimapuu on myös työmaateknisesti mielestäni helpompi, sillä liimapuussa ei tarvita hitsaustöitä tai liitoksien juotosbetonointia. Hallimaisten rakennuksien yleisin materiaali on teräsbetoni, joka ei missään nimessä ole nopein ja halvin. Betonin käyttö perustuukin siihen, että se on tuttu raaka-aine ja sen laadunvarmistus on helpompaa,

kuin esimerkiksi teräkseen. Huonona puolena liimapuu on teräsbetoniin verrattuna paljon herkempi materiaali kolhuille ja lialle.

Opinnäytetyön vaikein osuus oli työn rajaaminen valittuun laajuuteen. Valitussa laajuudessa työ onnistui mielestäni hyvin. Työn tuloksien laajempi tarpeellisuus jää nähtäväksi. Itse sain työssä näkemystä eri runkovaihtoehtojen vaikutuksesta työmaatekniikkaan ja aikatauluun. Materiaali- ja työkustannuksien osalta opinnäytetyön perusteella runkorakennetta ei mielestäni pysty valitsemaan vaan materiaalivalinnan soveltuvuus on katsottava työkohteen mukaan. Lisäksi materiaalikustannukset riippuvat paljon saadusta tarjouksesta ja hallirakennuksen koosta. Kokonaisuudessaan opinnäytetyö antaa viitteellistä apua hallimaisten rakennusten materiaalivalinnoissa, ja näin ollen työn tavoite on valitussa laajuudessa saavutettu.

KUVAT

- Kuva 1 Opinnäytetyön rakenne ja asioiden käsittelyjärjestys, s. 6
- Kuva 2 Betonipilarielémentin nostaminen nostolenkistä, s. 12
- Kuva 3 Nostoraksit, s. 12
- Kuva 4 Betonipilareiden nostaminen, s.13
- Kuva 5 Pilarielémentin holkkiliitos, s.14
- Kuva 6 Teräsrakenteiden nostotyö, s.15
- Kuva 7 Pilarielémentin pulttiliitos, s.16
- Kuva 8 Liimapuupilarin ja -palkin välinen liimatturuuviliitos, s. 17
- Kuva 9 Liimapuupilarin ja -palkin välinen lattalevyliitos, s. 18
- Kuva 10 Hitsaussaumot, s. 21
- Kuva 11 Henkilönostin, s. 23
- Kuva 12 Peruspulttien suojaus, s. 24
- Kuva 13 Liikerakennus Imatran Mansikkalassa, s. 26

TAULUKOT

- Taulukko 1 Teräsrakenteisen hallin aikataululaskelma, s. 29
- Taulukko 2 Teräsbetonirakenteisen hallin aikataululaskelma, s. 30
- Taulukko 3 Liimapuurakenteisen hallin aikataululaskelma, s. 31

LÄHTEET

Betonielementtien turvallinen asennus 2010. Betoniteollisuus RY.

Kone-Ratu 08-3035, Rakennustyömaan hitsaukset, hitsaajan pätevyyden toteaminen

Liimapuu käsikirja, © 2002 Svenskt Limträ AB
<http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/liimapuukasikirja>

Ratu 25-0280 Pilari- ja palkkielementtityö 2004. Rakennustieto Oy.

Ratu 31-0241 Teräsrunkotyö 2002. Rakennustieto Oy.

Ratu 1182-S Nostotöiden turvallisuus 1998. Rakennustieto Oy.

Ratu 1186-S Tulitöidenturvallisuus 1998. Rakennustieto Oy.

Ratu 5011 Työntekijöiden perehdytys 2011. Rakennustieto Oy.